

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-303643

(43)Date of publication of application : 16.11.1993

(51)Int.Cl.

G06F 15/70

(21)Application number : 04-061679

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 18.03.1992

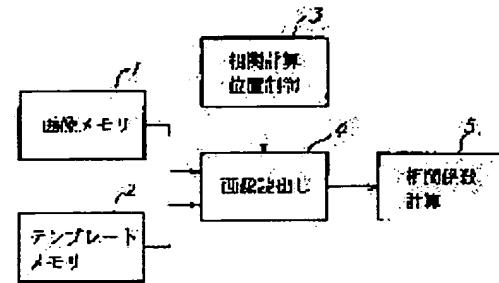
(72)Inventor : YASUTOMI FUMIO
MIYAJI SHIN

(54) PATTERN MATCHING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the pattern matching method requiring the shorter arithmetic operation time and presenting the accurate matching result.

CONSTITUTION: In this pattern matching method, the correlation coefficient of both pictures is calculated while moving the reference picture against the photographing picture to provide the highest correlation coefficient. First, a correlation calculation position control means 3 decides the moving step amount according to the sharpness of the self correlation function of the reference picture. A correlation coefficient calculation means 5 calculates the correlation coefficient for each moving step to decide a candidate point of matching. Then, the correlation coefficient is calculated in positions less than one-half apart from the moving step amount around the candidate point. The correlation coefficient is calculated by unit moving amount according to picture element pitch to locate the real matching position around the next candidate point.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.07.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3066173

[Date of registration] 12.05.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-303643

(43)公開日 平成5年(1993)11月16日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 6 F 15/70

識別記号 庁内整理番号

4 6 0 A 8837-5L

F I

技術表示箇所

(21)出願番号

特願平4-61679

(22)出願日

平成4年(1992)3月18日

(71)出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目18番地

(72)発明者 安富 文夫

大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋
電機株式会社内

(72)発明者 宮治 伸

大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋
電機株式会社内

(74)代理人 弁理士 丸山 敏之 (外3名)

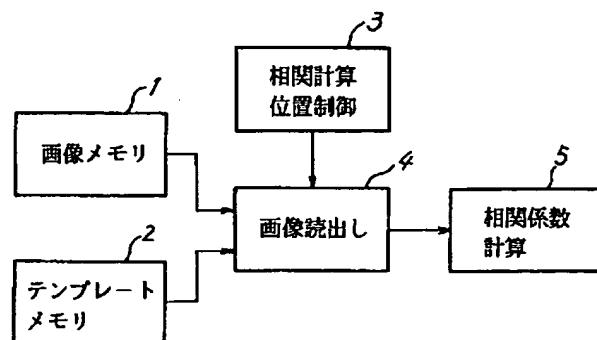
審査請求 未請求 請求項の数6(全10頁)

(54)【発明の名称】 パターンマッチング方法

(57)【要約】

【目的】 従来よりも演算時間が短く、且つ正確なマッ
チング結果が得られるパターンマッチング方法を提供す
る。

【構成】 撮影画像に対して基準画像を移動させつつ両
画像の相関係数を算出し、最も高い相関係数が得られる
マッチング位置を検出する方法であって、先ず、相関計
算位置制御手段3によって、基準画像の自己相関関数の
先鋭度に応じた移動ステップ量を決定し、相関係数計算
手段5によって該移動ステップ量毎に相関係数を算出し
て、マッチングの候補点を決定する。その後、前記候補
点を中心として、周囲へ前記移動ステップ量の2分の1
の距離だけ離れた複数の位置で相関係数を算出し、これ
によって得られる次の候補点の周囲にて、画素ピッチに
応じた単位移動量毎に相関係数を算出して、真のマッ
チング位置を検出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の記憶手段に記憶されている対象物体の撮影画像に、第2の記憶手段に記憶されている基準画像を重ね合わせるパターンマッチング方法において、第1記憶手段から読み出された撮影画像データと第2記憶手段から読み出された基準画像データに基づいて、撮影画像に対して基準画像を移動させつつ両画像の相関係数或いはこれに準じた係数(近似度データ)を算出し、最も高い近似度データが得られるマッチング位置を検し出す方法であって、

基準画像の自己相関関数或いはこれに準じた関数の先鋭度に応じ、先鋭度が鈍くなるにつれて増大する移動ステップ量を決定し、該移動ステップ量毎に近似度データを算出して、マッチングの候補点を探索する第1ステップと、

第1ステップによって得られた候補点を中心として、周囲へ前記移動ステップ量の2分の1の距離だけ拡大した輪郭上の複数の位置での近似度データを算出し、次の候補点を探索する手続きを、1或いは複数回繰り返す第2ステップと、

第2ステップによって得られた候補点を中心とする所定領域にて、撮影画像及び基準画像を構成する画素の配列ピッチに応じた単位移動量で近似度データを算出し、眞のマッチング位置を検出する第3ステップとを有することを特徴とするパターンマッチング方法。

【請求項2】 第2記憶手段は、基準画像を記憶する主記憶部と、該基準画像を複数種類の縮小率で縮小した複数の画像を記憶する副記憶部とから構成し、前記第1ステップでは、第2記憶手段の副記憶部から縮小率の最も大きな基準画像データを読み出すと共に、第1記憶手段からは、前記縮小率に応じたステップ量にて間欠的に撮影画像データを読み出し、前記第2ステップでは、前記移動ステップ量の2分の1の距離だけ移動する度に、縮小率の小さい画像データに順次切り換えると共に、第1記憶手段からは、該縮小率に応じたステップ量にて間欠的に撮影画像データを読み出し、前記第3ステップでは、第1記憶手段から撮影画像データをスキップすることなく読み出すと共に、第2記憶手段の主記憶部から基準画像データを読み出す請求項1に記載のパターンマッチング方法。

【請求項3】 第1の記憶手段に記憶されている対象物体の撮影画像に、第2の記憶手段に記憶されている基準画像を重ね合わせるパターンマッチング方法において、第1記憶手段から読み出された撮影画像データと第2記憶手段から読み出された基準画像データに基づいて、撮影画像に対して基準画像を移動させつつ両画像の相関係数或いはこれに準じた係数(近似度データ)を算出し、最も高い近似度データが得られるマッチング位置を検し出す方法であって、

基準画像の自己相関関数或いはこれに準じた関数の先鋭

度に応じ、先鋭度が鈍くなるにつれて増大する移動ステップ量を決定し、マッチングの推定位置を中心として、周囲へ前記移動ステップ量だけ拡大した輪郭上の複数位置にて近似度データを算出して、これら複数位置から所定値以上の近似度データを有するマッチング候補点を探索する第1ステップと、

第1ステップにて候補点が発見されない場合は、前記探索領域を中心として、更に周囲へ前記移動ステップ量だけ拡大した輪郭上の複数位置にて近似度データを算出して、これら複数位置から所定値以上の近似度データを有する候補点を探索する手続きを、候補点が発見されるまで繰り返す第2ステップと、

第1及び第2ステップによって得られた候補点を中心とする所定領域にて、撮影画像及び基準画像を構成する画素の配列ピッチに応じた単位移動量で近似度データを算出し、眞のマッチング位置を検出する第3ステップとを有することを特徴とするパターンマッチング方法。

【請求項4】 第2記憶手段は、基準画像を記憶する主記憶部と、該基準画像を所定の縮小率で縮小した画像を記憶する副記憶部とから構成し、前記第1ステップ及び第2ステップでは、第2記憶手段の副記憶部から画像データを読み出すと共に、第1記憶手段からは、前記縮小率に応じたスキップ量にて間欠的に撮影画像データを読み出し、前記第3ステップでは、第1記憶手段から撮影画像データをスキップすることなく読み出すと共に、第2記憶手段の主記憶部から基準画像データを読み出す請求項3に記載のパターンマッチング方法。

【請求項5】 第1の記憶手段に記憶されている対象物体の撮影画像に、第2の記憶手段に記憶されている基準画像を重ね合わせるパターンマッチング方法において、第1記憶手段から読み出された撮影画像データと第2記憶手段から読み出された基準画像データに基づいて、撮影画像に対して基準画像を移動させつつ両画像の相関係数或いはこれに準じた係数(近似度データ)を算出し、最も高い近似度データが得られるマッチング位置を検し出す方法であって、

基準画像の自己相関関数或いはこれに準じた関数の先鋭度に応じ、先鋭度が鈍くなるにつれて増大する移動ステップ量を決定し、該移動ステップ量毎に近似度データを算出して、マッチングの候補点を探索する第1ステップと、

第1ステップによって得られた候補点を出発点として、近似度データが増大する方向へ所定のステップ量でマッチング位置の探索を進め、最終的には、撮影画像及び基準画像を構成する画素の配列ピッチに応じた単位移動量で近似度データを算出し、眞のマッチング位置を検出する第2ステップとを有することを特徴とするパターンマッチング方法。

【請求項6】 第2記憶手段は、基準画像を記憶する主記憶部と、該基準画像を所定の縮小率で縮小した画像を

記憶する副記憶部とから構成し、前記第1ステップでは、第2記憶手段の副記憶部から画像データを読み出すと共に、第1記憶手段からは、前記縮小率に応じたスキップ量にて間欠的に撮影画像データを読み出し、前記第2ステップでは、第1記憶手段から撮影画像データをスキップすることなく読み出すと共に、第2記憶手段の主記憶部から基準画像データを読み出す請求項5に記載のパターンマッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えばカメラによって撮影した対象物体の現在位置を検出するべく、対象物体の撮影画像と該対象物体について予め記憶されている基準画像との相関をとることによって、撮影画像に対する基準画像の位置合わせを行なうパターンマッチング方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、工場における組立工程や検査工程などにおいて、対象物体をカメラで撮影し、該撮影画像と基準画像との相関をとることによって、対象物体の位置を検出することが行われている。相関の算出方法としては、濃淡画像を用いた正規化相互相関法が知られている。

【0003】この正規化相互相関法は照明の変化等にも影響が少なく高精度の検出が可能であるが、演算回数が非常に多くなる欠点がある。そこで、演算回数を減少させる手段として、基準画像及び撮影画像を同一比率で縮小して記憶し、縮小画像どうしで相関をとって粗位置検出を行った後、縮小しない画像どうしで相関をとって精位置検出を行う方法が提案されている(特開平3-110685 [C06F15/70])。該方法によれば、縮小比率が $1/N$ のとき、演算時間が粗相関では $1/N^2$ に減少することになる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記方法では、画像の縮小率が過大となると、粗位置検出における精度が極度に低下して、これによって得られた粗位置が必ずしもマッチング位置の近傍に存在せず、その後の精位置検出によっては真のマッチング位置が得られない虞れがある。

【0005】逆に画像の縮小率を過小に設定すると、演算時間短縮の効果が薄れ、例えば1つの撮影画像に対して複数の基準画像をマッチングせんとする場合には、演算時間が長くなつて、リアルタイムの位置検出が困難となる問題がある。

【0006】本発明の目的は、従来よりも演算時間が短く、然も正確なマッチング位置が得られるパターンマッチング方法を提供することである。

【0007】

【課題を解決する為の手段】本発明に係るパターンマッ

チング方法は、第1記憶手段から読み出された撮影画像データと第2記憶手段から読み出された基準画像データに基づいて、撮影画像に対して基準画像を移動させつつ両画像の相関係数或いはこれに準じた係数(近似度データ)を算出し、最も高い近似度データが得られるマッチング位置を検し出すものであつて、基本的には次の3つの方法がある。

【0008】第1のパターンマッチング方法(図5、図6)

10 第1ステップでは、基準画像の自己相関関数或いはこれに準じた関数の先鋭度に応じ、先鋭度が鈍くなるにつれて増大する移動ステップ量を決定し、該移動ステップ量毎に近似度データを算出して、マッチングの候補点 P_1 を探索する。第2ステップでは、第1ステップによって得られた候補点 P_1 を中心として、周囲へ前記移動ステップ量の2分の1の距離だけ拡大した輪郭上の複数の位置 P_2 での近似度データを算出し、次の候補点 P_3 を探索する手続きを、1或いは複数回繰り返す。第3ステップでは、第2ステップによって得られた候補点 P_3 を中心とする所定領域にて、撮影画像及び基準画像を構成する画素の配列ピッチに応じた単位移動量で近似度データを算出し、真のマッチング位置を検出する。

【0009】第2のパターンマッチング方法(図7)

第1ステップでは、基準画像の自己相関関数或いはこれに準じた関数の先鋭度に応じ、先鋭度が鈍くなるにつれて増大する移動ステップ量を決定し、マッチングの推定位置 P_1 を中心として、周囲へ前記移動ステップ量だけ拡大した輪郭上の複数位置にて近似度データを算出して、これら複数位置から所定値以上の近似度データを有するマッチング候補点 P_9 を探索する。第2ステップでは、前記第1ステップにて候補点が発見されない場合に、前記探索領域を中心として、更に周囲へ前記移動ステップ量だけ移動した複数位置にて近似度データを算出して、これら複数位置から所定値以上の近似度データを有する候補点を探索する手続きを、候補点が発見されるまで繰り返す。第3ステップでは前記第1及び第2ステップによって得られた候補点 P_9 を中心とする所定領域にて、撮影画像及び基準画像を構成する画素の配列ピッチに応じた単位移動量で近似度データを算出し、真のマッチング位置 P_8 を検出する。

【0010】第3のパターンマッチング方法(図9)

第1ステップでは、基準画像の自己相関関数或いはこれに準じた関数の先鋭度に応じ、先鋭度が鈍くなるにつれて増大する移動ステップ量を決定し、該移動ステップ量毎に近似度データを算出して、マッチングの候補点 P_{10} を探索する。第2ステップでは、第1ステップによって得られた候補点 P_{10} を出発点として、近似度データが増大する方向へ所定のステップ量でマッチング位置の探索を進め、最終的には、撮影画像及び基準画像を構成する画素の配列ピッチに応じた単位移動量で近似度データ

タを算出し、真のマッチング位置 P_{12} を検出する。

【0011】

【作用】本発明に係るパターンマッチング方法は、撮影画像と基準画像の所定ずれ量における相関係数が、それらの形状的な特徴によって変ることに基づいている。即ち、例えば図3 (b)にハッティングで示す如き塗り込みが施された縦長の楕円のマッチングにおいては、基準画像を楕円の短軸方向へずらして相関係数を計算する際の移動ステップ量は、図3 (a)にハッティングで示す如き塗り込みが施された真円のマッチングを行なう場合の移動ステップ量よりも小さく設定しなければ、真のマッチング位置の近傍を粗位置として検出することが出来ない。一方、縦長の楕円のマッチングにおいて、基準画像を楕円の長軸方向へずらして相関係数を計算する際の移動ステップ量は、真円のマッチングを行なう場合の移動ステップ量よりも大きく設定しても差支えない。

【0012】そこで本発明においては、粗位置検出にて、上記のごとき図形の形状的な特徴を自己相関関数によって把握し、その結果に基づいて移動ステップ量或いは画像縮小率を決定することとしたものである。例えば、真円の自己相関関数は図3 (c)に示す様に比較的緩やかな先鋭度のカーブとなるのに対し、縦長の楕円の短軸方向の自己相関関数は図3 (d)の如く急峻な先鋭度を有するカーブとなる。従って、自己相関関数の先鋭度に応じて、先鋭度が鈍くなるにつれて大きな移動ステップ量を設定し、或いは小なる縮小率にて基準画像を記憶する。

【0013】この結果、粗位置検出においては、適切な移動ステップ量或いは画像縮小率が設定され、真のマッチング位置の近傍を確実に粗位置として検出出来る。

【0014】従って、その後、前記粗位置検出により決定された粗位置の周囲にて、画素ピッチに応じた単位移動量を設定して、精位置検出を行なえば、真のマッチング位置を検出することが出来る。

【0015】上記第1のマターンマッチング方法においては、第1ステップにより粗位置検出が行なわれ、その後の第2及び第3ステップにより精位置検出が行なわれる。精位置検出では、第2ステップにより、真のマッチング位置に近い候補点 P_3 が選択されるから、第3ステップでの単位移動量による近似度データの計算領域を前記候補点 P_3 の近傍に縮小出来、これによって計算時間の短縮が図られる。

【0016】又、上記第2のパターンマッチング方法は、マッチング位置の推定が可能な場合を対象するもので、第1及び第2ステップによってマッチング推定位置 P_1 の周囲で粗位置検出が行なわれ、その後の第3ステッ

$$C_{ij} = \left(\sum_{x=1}^L \sum_{y=1}^M \{ A(x,y) - a_{ave} \} \{ B_{ij}(x,y) - b_{ave} \} \right) / (a\sigma \cdot b\sigma_{ij})^{1/2}$$

但し、

プにより精位置検出が行なわれる。従って、粗位置検出における計算領域が限定され、計算時間の短縮が図られる。

【0017】更に、上記第3のパターンマッチング方法においては、第1ステップにより粗位置検出が行なわれ、その後の第2ステップにより精位置検出が行なわれる。精位置検出では、先ず候補点 P_{10} を出発点とする所謂山登り法により、真のマッチング位置へ向かって迅速に探索が進められ、計算時間の短縮が図られる。

【0018】

【発明の効果】本発明に係るパターンマッチングによれば、粗位置検出において、基準画像の形状的特徴に応じた適度な粗さの精度で相関係数を計算することができるるので、相関係数の演算回数は必要最小限に抑えることが出来、且つその後の精位置検出を経ることによって、真のマッチング位置を見逃すことなく、的確に検出することが出来る。

【0019】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に沿って詳述する。図1は本発明を実施したパターンマッチング回路の構成を示している。図示省略するカメラ等から取り込まれた撮影画像を記憶すべき画像メモリ(1)は、例えば、1画素が8bitで画像サイズが 512×512 画素の画像データの格納領域を有している。一方、基準画像(以下、テンプレート画像という)を記憶すべきテンプレートメモリ(2)は、 $L \times M$ (L, M : 整数 < 512) 画素の大きさの画像データの格納領域を有している。

【0020】更に、パターンマッチング回路は、テンプレート画像と撮影画像の相関係数を計算する際の両画像の相対位置を設定する相関計算位置制御手段(3)を具えており、前記両メモリ(1)(2)と共に、画像読出し手段(4)へ接続されている。

【0021】画像読出し手段(4)は、相関計算位置制御手段(3)によって指定されたアドレスに応じて、画像メモリ(1)及びテンプレートメモリ(2)から画像データを読み出すものであって、これによって読み出された撮影画像データ及びテンプレート画像データは相関係数計算手段(5)へ送られて、所定の位置ずれにおける相関係数が算出される。

【0022】ところで、一般に正規化相関係数(以下、単に相関係数という)は以下のように与えられる。 $L \times M$ 画素の大きさのテンプレート画像 $A(x, y)$ と、撮影画像中のテンプレート画像と同じ大きさの部分画像 $B_{ij}(x, y)$ ($1 \leq x \leq L, 1 \leq y \leq M$) の相関係数 C_{ij} は数1で表される。

【数1】

【数2】

$$a_{AVE} = \left(\sum_{x=1}^L \sum_{y=1}^M \{A(x,y)\} \right) / L \cdot M$$

【数3】

$$b_{ijAVE} = \left(\sum_{x=1}^L \sum_{y=1}^M \{B_{ij}(x,y)\} \right) / L \cdot M$$

【数4】

$$a\sigma = \left(\sum_{x=1}^L \sum_{y=1}^M \{A(x,y) - a_{AVE}\}^2 \right)$$

【数5】

L M

10

$$b\sigma_{ij} = \left(\sum_{x=1}^L \sum_{y=1}^M \{B_{ij}(x,y) - b_{ijAVE}\}^2 \right)$$

【0023】撮影画像の内、マッチング対象の大きさをX, Yとすると

$$1 \leq i \leq X-L+1$$

$$1 \leq j \leq Y-L+1$$

となる。

【0024】ここで仮に、マッチング対象X×Y画素の全ての点についての相関係数を求めようとすれば、(X-L+1)×(Y-M+1)個のC_{ij}を求めなければならず、長い演算時間要することになる。

【0025】そこで、本発明では、図1のパターンマッチング回路によって以下の演算処理を行なう。先ず、両画像の位置ずれに相当するデータ(i, j)が与えられて、相関係数C_{ij}を計算する際、(i, j)とL, Mに関する情報が相関計算位置制御手段(3)から画像読みだし手段(4)へ与えられる。画像読みだし手段(4)は、画像メモリ(1)の(i, j)の位置からL×Mの矩形領域内の画像データを1画素ずつ読み出すと共に、テンプレートメモリ(2)内の画像データを1画素ずつ読み出す。読み出された2つの画像データは相関係数計算手段(5)へ送られ、前記数1に基づいて相関係数C_{ij}が計算される。

【0026】次に、相関計算位置制御手段(3)による(i, j)の与え方について述べる。粗位置検出においては、(i, j)は1ずつ増加させるのではなく、予めテンプレート画像の形状的特徴から決定したX, Y方向のステップ量Xstep, Ystepを用いて、i = i + Xstep, j = j + Ystep毎の(i, j)について相関係数を計算し、その中で相関係数が最も大きな点をマッチングの粗位置として選択する。

【0027】そして、その後の精位置検出においては、最終的に、前記粗位置の周囲にて(i, j)を1ずつ増加させて相関係数を計算し、相関係数が最大となる点、即ち真のマッチング位置を検出するのである。

【0028】粗位置検出における移動ステップ量Xstep, Ystepは後述の如く決定される。先ず、図2(a)に示すテンプレート画像の周囲に、図2(b)の如くテンプレート画像の平均濃度値を1画素幅分加えた(L+2)×(M+2)の大きさの拡張画像を設定する。

【0029】次に、該拡張画像とテンプレート画像との相関関数を求める。この相関関数はテンプレート画像の自己相関関数に準じた関数となる。この場合、テンプレート画像を拡張画像上の中心位置から上下左右及び斜め方向へ夫々移動させることによって、図2(c)の如く、C₀₀, C₀₁, C₀₂, C₁₀, C₁₁, C₁₂, C₂₀, C₂₁, C₂₂の合計9個の相関係数が求められる。ここで、C₁₁は拡張画像中の元々のテンプレート画像と全く同じ画像部分との相関をとることになるので、C₁₁ = 1.0となる。

【0030】そして、下記の数6及び数7によって、X軸方向の移動ステップ量Xstep及びY軸方向の移動ステップ量Ystepを算出する。但し、Aは1.0未満の正の定数であって、例えばA = 0.2に設定する。

$$【数6】 Xstep = (1.0 - A) / Xs$$

$$【数7】 Ystep = (1.0 - A) / Ys$$

ここで、

$$【数8】 Xs = \{(C_{11} - C_{10}) + (C_{11} - C_{12})\} / 4$$

$$【数9】 Ys = \{(C_{11} - C_{01}) + (C_{11} - C_{21})\} / 4$$

【0031】上記算出式の根拠を図3及び図4によって説明する。図3(a)(b)に示す前述の真円及び縦長の楕円を対象画像として、夫々撮影画像(6)(7)及びテンプレート画像(8)(9)を設定した場合、x軸方向の自己相関関数は、真円においては図3(c)の如く比較的先鋭度が緩やかなカーブを示すが、楕円においては図3(d)の如く急峻な先鋭度のカーブを示す。従って、楕円のテンプレート画像(9)の方が円のテンプレート画像(8)に比べてマッチング位置からのずれに対して相関係数の変化が敏感であり、楕円のXstepは真円よりも小さく設定しなければ、相関係数の山を見落す虞れがある。

【0032】図4は、図3(c)及び(d)に示す正確な相関関数ではなく、真のマッチング位置(相関関数のピーク位置)と、その両側へ1画素だけ位置がずれたときの相関係数に基づいて直線近似を行なった近似的な相関関数を示しており、本実施例では、該近似相関関数を前記移動ステップ量Xstep, Ystepの算出に用いる。

【0033】図4に示す如く、+x, -x方向で相関係数の値がAとなる点のx方向の間隔をSとすると、このSは上記数8のXsと等価な値となり、一定ステップ量Xstep = Sで相関係数を計算していくば、その計算結果は、A以上の値となる確率が高いと言える。

【0034】即ち、上記数6及び数7によって得られるXstep, Ystepの間隔ごとに撮影画像とテンプレート画像の相関係数を計算すれば、相関係数の値が定数A以上となる粗位置が高い確率で得られることになる。

【0035】尚、定数Aは必ずしも一定である必要はなく、テンプレート画像と撮影画像の一致度が予め判明している場合や、相関係数の値よりも演算時間を優先する場合等においては、Xstep, Ystepに上限下限を設けたり、或いは別の算出法によって設定することも可能である。

【0036】その後、精位置検出においては、上述の粗位置検出によって得られた粗位置の周囲土 (Xstep-1)、土 (Ystep-1) の範囲について、画素ピッチに一致する単位ずれを設定して相関係数を計算し、その中

$$N = (X/Xstep) \cdot (Y/Ystep) + (2Xstep-1) \cdot (2Ystep-1) - 1$$

に減少することになる。

【0038】この回数は、粗位置検出を行なわず精位置検出のみによってマッチング位置を検出する場合の演算回数 $(X-L+1) \cdot (Y-M+1)$ よりも遙かに少なく、1つの撮影画像に対して複数のテンプレート画像をマッチングする場合でも、演算時間は短く、リアルタイムの位置検出が可能である。

【0039】ところで、本実施例では更に演算時間の短縮を図るべく、次の3つのパターンマッチング方法を採用する。

【0040】第1のマッチング方法

図5(a)の如く、撮影画像(61)に対するマッチング位置の探索において、前記の移動ステップ量 Xstep、Ystep の間隔で格子状に散在する複数の点 P_0 毎に相関係数を

$$N = (X/Xstep) \cdot (Y/Ystep) + 8 + (Xstep-1) \cdot (Ystep-1) - 1$$

に減少する。

【0044】上記数10から数11を引算した差Dは、 $Xstep \geq 2$ 、 $Ystep \geq 2$ であるとすると、

$$\begin{aligned} \text{【数12】 } D &= 3Xstep \cdot Ystep - Xstep - Ystep - 8 \\ &= Xstep(3Ystep-1) - Ystep-8 \\ &\geq 2(3Ystep-1) - Ystep-8 \\ &= 5Ystep-10 \geq 5 \cdot 2 - 10 = 0 \end{aligned}$$

【0045】従って、この差Dは必ず0以上になって、数11の演算回数の方が少ないことが判る。

【0046】尚ここでは、ステップ量を $1/2$ に縮小する処理を1回だけ行なっているが、図5(b)の候補点 P_3 を中心として、更にステップ量を $1/2$ に縮小しながら探索を進め、ステップ量が画素ピッチに一致するまで同様の計算を繰り返す方法も採用可能である。

【0047】一方、図6(a)(b)は上記方法の変形例を示したもので、図6(a)において、最初の候補点 P_1 を中心として、斜め方向に $Xstep/2$ 、 $Ystep/2$ だけ離れた4点 P_4 の相関係数を計算し、この中で最大の相関係数を有する次の候補点 P_5 を選定する。続いて図6(b)に示すように、前記候補点 P_5 の上下左右の4点 P_6 についての相関係数を計算し、最大の相関係数が得られる次の候補点を選定する。その後は、該候補点の周囲において、画素ピッチに一致する単位ずれで相関係数を計算し、真のマッチング位置を検知するのである。

【0048】尚、上記実施例では、テンプレート画像、撮影画像をそのまま用いて相関計算を行なっているが、テンプレート画像を縮小した画像を縮小用テンプレートメモリに格納しておき、画像メモリから撮影画像を読み出す時に画像読みだし手段によってアドレスをスキップしながら、読み出す方法も採用可能である。

10 での最大の相関係数が得られた点をマッチング位置とすることが可能である。

【0037】この場合、相関計算の演算回数Nは、
【数10】

計算し、これらの点の中で最大の相関係数値を持つ点 P_1 を最初の候補点として選定する。

【0041】次に、図5(b)の如く候補点 P_1 を中心として、周囲へ夫々 $Xstep/2$ 、土 $Ystep$ だけ拡大した8つ点 P_2 について相関係数を計算し、前記候補点 P_1 と前記8つの点 P_2 の中で最大の相関係数を有する次の候補点 P_3 を選定する。

【0042】その後、候補点 P_3 の周囲土 ($Xstep/2-1$)、土 ($Ystep/2-1$) の領域について、画素ピッチに一致する単位ずれを設定して相関係数を計算し、その中での最大の相関係数が得られた点を選択すれば、その点が真のマッチング位置となる。

【0043】このときの演算回数Nは、
【数11】

【0049】即ち、予めテンプレート画像の隣接する4画素の内、1画素を抽出し、或いは4画素の平均値を取り出すことによって、 $1/4$ に縮小した縮小テンプレート画像を作成し、これを縮小用テンプレートメモリに記憶しておく。そして、粗位置検出においては、上記縮小用テンプレートメモリから縮小テンプレート画像データを読み出すと共に、画像メモリから撮影画像データを x 、 y 方向に夫々2画素置きに読み出し、これによってデータ量を夫々 $1/4$ に減らして相関係数の計算を行う。

【0050】その後、精位置検出においては、粗位置検出によって得られた候補点の周囲について、縮小していない標準のテンプレート画像と撮影画像の間で相関係数の計算を行い、真のマッチング位置を検出するのである。この結果、更に演算回数が減少することになる。

【0051】又、他のパターンマッチング方法として、上記同様に縮小用テンプレートメモリを用意し、その画像の縮小率を、自己相関関数の分布の先鋒度に応じ、先鋒度が鈍くなるにつれて減少する値に設定して、該縮小率にて基準画像を記憶し、粗位置検出においては、縮小用テンプレートメモリから画像データをスキップすることなく読み出すと共に、画像メモリからは前記縮小率に応じたステップ量にて画像データを読み出し、両画像データの相関係数を算出する方法も採用可能である。

【0052】更に、荒位置検出においては、縮小率が異なる複数のテンプレートを用意し、ステップ量を $1/2$ に短縮する度に、より縮小率の小さいテンプレートに順次切換えると共に、画像メモリからは、そのときの縮小率に応じたステップ量にて間欠的に撮影画像データを読み出す。例えば $1/4$ に縮小したテンプレートを用いる

場合、撮影画像データは2画素おきに読み出す。そして、精位置検出においては、画像メモリから撮影画像データをスキップすることなく読み出すと共に、テンプレートは縮小していない標準のものを使用する方法も可能である。

【0053】これによって、荒位置検出における演算時間を更に短縮することが出来る。この場合、ステップ量の短縮につれてテンプレートの縮小率を小さくするのではなく、ステップ量が小さい時に縮小率を大きくして計算を進めると、間違った候補点を選ぶ可能性があるからである。

【0054】第2のマッチング方法

この方法は、予めマッチング位置のおおよその位置が分っている場合に有効であって、図7の如く、真のマッチング位置 P_9 はマッチング推定位置 P_7 の近傍に存在している可能性が高いから、該マッチング推定位置 P_7 を中心として、先ず粗位置検出を行なうのである。

【0055】即ち、マッチング推定位置 P_7 を中心として、前述のテンプレートの自己相関から定めたX、Y方向の移動ステップ量Xstep、Ystepを用いて、図7中に破線で示す如く $\pm Xstep$ 、 $\pm Ystep$ だけ拡大した範囲を第1の探索領域に設定する。そして、同領域内にてXstep、Ystepの間隔で相関係数を計算することで、前記定数A以上の相関係数を有するマッチング候補点 P_9 を探索する。

$$N = (X/Xstep) \cdot (Y/Ystep) + (2Xstep-1) \cdot (2Ystep-1) - 1$$

に抑えられる。

【0061】尚、上記の例では、候補点 P_9 を発見するための粗位置検出にて、テンプレート画像及び撮影画像をそのまま用いて相関計算を行なっているが、前述の縮小テンプレート及びスキップ読み出しによる検索も可能である。

【0062】又、候補点 P_9 が発見された後の精位置検出に際しても、最初から $\pm (Xstep/2-1)$ 、 $\pm (Ystep/2-1)$ の範囲内の全ての点で相関係数を計算するのではなく、第1のマッチング方法の如く適当な刻み幅を設けて、その刻み幅ごとに相関係数を計算して次の候補点を探索し、領域の限定を進める方法も採用出来る。

【0063】更に、候補点 P_9 はマッチング位置 P_8 へ至る検索には、後述の所謂山登り法を採用することも可能である。

【0064】第3のマッチング方法

この方法は、テンプレートの自己相関から定めたX、Y方向の移動ステップ量Xstep、Ystepの設定によって、図9に示す如くマッチングの候補点 P_{10} が発見された後に、所謂山登り法によってマッチング位置 P_{12} へ至る探索に関するものである。

【0065】ここでは、図8に示す如く、例えば 3×3 の9画素に対応する矩形マスク(21)を想定する。図示する矩形マスク(21)内の数字はマスクの中心から見た方向

【0056】もし、前記領域内で前記定数A以上の相関係数を有するマッチング候補点が発見されなければ、第2の探索領域として、破線の範囲を更に周囲へXstep、Ystepだけ領域を拡大してマッチング候補点の探索を進める。

【0057】この様にしてマッチング候補点 P_9 が発見されると、最後に、該マッチング候補点 P_9 を中心として、 $\pm (Xstep-1)$ 、 $\pm (Ystep-1)$ の領域内で、画素ピッチに一致する単位ずれで相関係数を計算し、真のマッチング位置 P_8 を検知するのである。

【0058】ここで、前記定数Aは必ずしも一定である必要はなく、テンプレートと撮影画像の近似度が予め分かっている場合や、演算時間を優先したい場合には、Xstep、Ystepに上限、下限を設ける等、他の設定方法也可能である。更に、探索領域の設定の方法も図示する例の様な矩形領域に限らず、円形領域でも可い。

【0059】上記マッチング方法によれば、演算回数Nは、最初に設定された探索領域内にマッチング位置が存在する場合、

【数13】 $N = 9 + (2Xstep-1) \cdot (2Ystep-1)$
と、著しく減少する。

【0060】仮に探索領域が拡張され続けて、最終的に撮影画像(61)と同一になったとしても、演算回数Nは、

【数14】

【0066】探索においては、図9の如く候補点 P_{10} が中心となる様に矩形マスク(21)を撮影画像(61)に重ね合わせ、該マスク内の周囲8点(方向番号1～8)の相関係数を計算し、最大となる方向を求める。ここでは、8つの相関係数の内、マッチング位置 P_{12} に最も近い方向番号8の点 P_{11} が最大となる。

【0067】そこで、次は前記の点 P_{11} が中心となる様に矩形マスク(21)を移動し、再びマスク内の相関係数を計算する。この際、既に計算済みの点についての重複計算は省略出来る。そして、同様に相関係数が最大となる方向を求め、マスクを移動する。

【0068】以上の手続きを繰り返し、矩形マスク(21)中心点の相関係数がマスク周囲の8つの点の相関係数よりも大きくなれば、その位置がマッチング位置 P_{12} となる。

【0069】ここで、相関計算の演算回数は、候補点の探索に際して、 $(X/Xstep) \cdot (Y/Ystep)$ 回、その後の山登り探索においては、マスクが斜め方向に一回移動する度に最大5点の相関係数を計算するとして、n回のマスク移動が行なわれた場合、 $(8+5n)$ 回となる。但し、マッチング位置 P_{12} は、候補点 P_{10} の周囲 $\pm (Xstep-1)$ 、 $\pm (Ystep-1)$ の範囲内に存在するから、マスク移動回数nには下式が成立する。

【0070】

【数15】 $n \leq \text{Max}(X_{\text{step}}-1, Y_{\text{step}}-1)$

$$N = (X/X_{\text{step}}) \cdot (Y/Y_{\text{step}}) + 5 \times \text{Max}(X_{\text{step}}-1, Y_{\text{step}}-1) + 8$$

に抑えられる。

【0072】上記の例では、マスク移動後の相関係数の計算に際して、未計算の5点を全て計算しているが、移動方向に並ぶ3点、図9の例では方向番号7、8、1の3点でも十分である。これによって更に演算回数を減少させることが出来る。

【0073】又、マスクに関しては、上記の 3×3 サイズでは一画素ずつのマスク移動になるが、さらに大きなマスクを用いれば、数画素ずつ移動出来るから、最初は大きなマスクを用いて大まかに探索し、マッチング位置に近づいてからマスクを小さくして、詳細に探索する方法も採用可能である。

【0074】上記パターンマッチング方法によれば、先ず、テンプレート画像の形状的特徴に応じた粗さで相関係数を計算することによって、マッチング位置近傍の候補点を発見し、その後、該候補点の近傍にて効率的な探索が行なわれるから、計算時間の大大幅な短縮が可能である。

【0075】上記実施例の説明は、本発明を説明するためのものであって、特許請求の範囲に記載の発明を限定し、或は範囲を縮減する様に解すべきではない。又、本発明の各部構成は上記実施例に限らず、特許請求の範囲に記載の技術的範囲内で種々の変形が可能であることは勿論である。

【0076】例えば上記実施例では、近似度を表わす指標として相関係数及び相関関数を用いているが、これに準じた他の係数及び関数を定義して用いることも可能である。又、上述の複数のマッチング方法を組み合わせた探索方法も採用出来る。

【0071】従って、相関計算の演算回数Nは、

【数16】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るパターンマッチング方法を実施するための回路構成を示すブロック図である。

【図2】粗位置検出における自己相関関数の算出範囲を説明する図である。

【図3】形状的特徴による自己相関関数の相違を説明する図である。

【図4】直線近似した自己相関関数を表わす図である。

【図5】第1のマッチング方法における探索過程を示す図である。

【図6】第1のマッチング方法の変形例における探索過程を示す図である。

【図7】第2のマッチング方法における探索過程を示す図である。

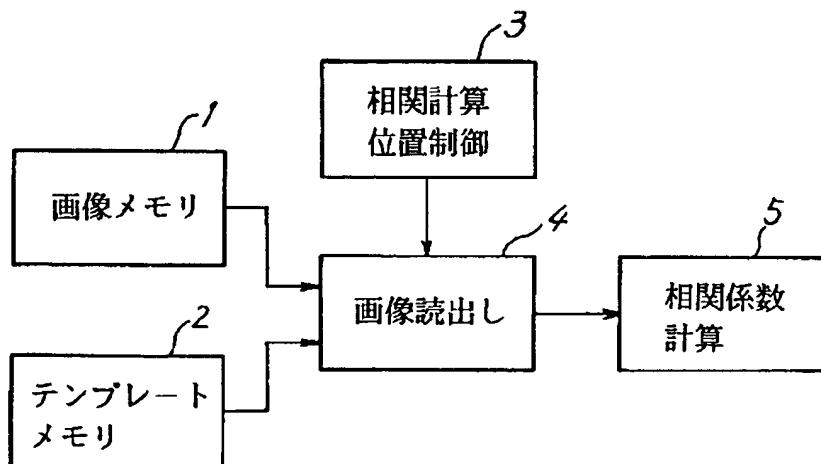
【図8】第3のマッチング方法に用いる矩形マスクの平面図である。

【図9】第3のマッチング方法における探索過程を示す図である。

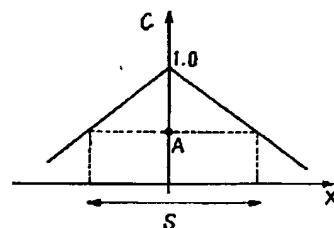
【符号の説明】

- (1) 画像メモリ
- (2) テンプレートメモリ
- (3) 相関計算位置制御手段
- (4) 画像読み出し手段
- (5) 相関係数計算手段
- (6) 撮影画像
- (7) 撮影画像
- (8) テンプレート画像
- (9) テンプレート画像

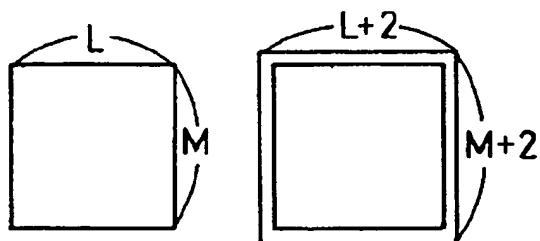
【図1】



【図4】



【図2】



(a)

(b)

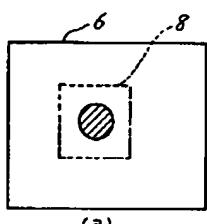
| | | |
|----------|----------|----------|
| C_{00} | C_{01} | C_{02} |
| C_{10} | C_{11} | C_{12} |
| C_{20} | C_{21} | C_{22} |

(c)

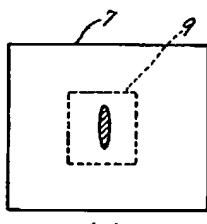
【図8】

| | | |
|---|---|---|
| 6 | 7 | 8 |
| 5 | 0 | 1 |
| 4 | 3 | 2 |

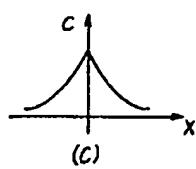
【図3】



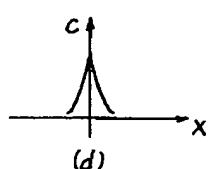
(a)



(b)

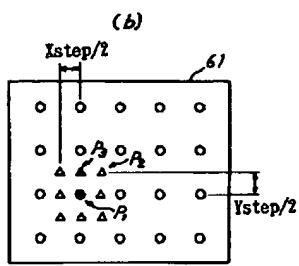
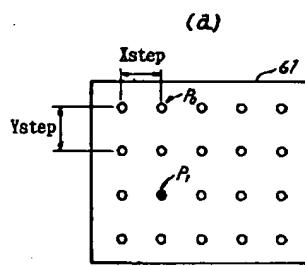


(c)

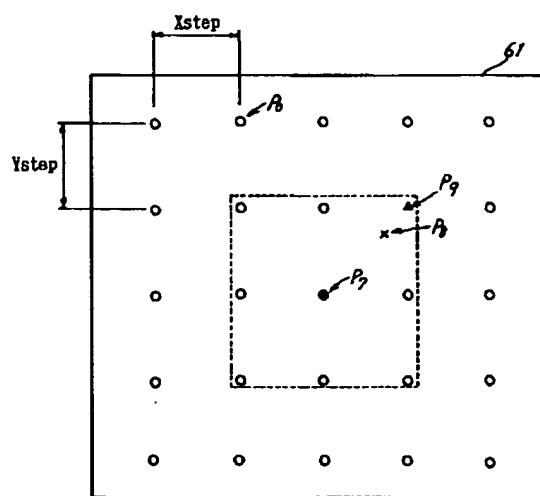


(d)

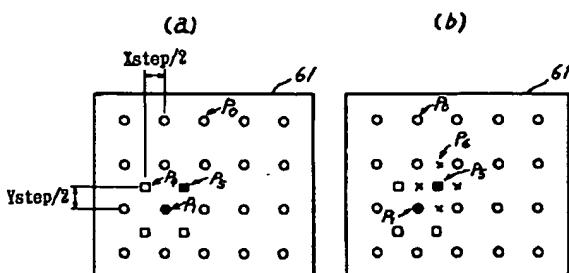
【図5】



【図7】



【図6】



(b)

【図9】

